

## DIAGRAM SIMULASI KINERJA BANGUNAN DAN POTENSI APLIKASINYA

**Andi Harapan**

Dosen pada Program Studi Arsitektur Universitas Komputer Indonesia, Bandung  
Arsitek pada PT. Bamko Karsa Mandiri (A BITA Company), Bandung  
[andiharapan@yahoo.com](mailto:andiharapan@yahoo.com)

### ABSTRAK

*Dalam makalah ini akan dilakukan perbandingan antara 5 program simulasi kinerja bangunan yang dinilai paling aplikatif dan paling banyak digunakan di seluruh dunia, yaitu BREEM (Building Research Establishment's Environmental Assessment Method), CASBEE (Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency), GB Tool (Green Building Tool), Green Globe<sup>TM</sup> U.S., dan LEED (Leadership in Energy and Environmental Design). Lebih lanjut akan dibahas pula kemungkinan penerapan kombinasi beberapa program simulasi kinerja bangunan secara komplementer.*

**Kata Kunci:** Simulasi Kinerja Bangunan, Sistem Asesmen Bangunan

### ABSTRACT

*This paper is comparing 5 programs of building performance simulation which most applicative and useful in the world, there are BREEM (Building Research Establishment's Environmental Assessment Method), CASBEE (Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency), GB Tool (Green Building Tool), Green Globe<sup>TM</sup> U.S., and LEED (Leadership in Energy and Environmental Design). This paper also discusses the probability of applied of programs combination with complementary.*

**Keywords:** Building performance simulation, building assessment systems

### 1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang cepat membawa pengaruh terhadap pendekatan dan metode asesmen kinerja suatu bangunan. Sebelum teknologi berkembang, asesmen kinerja suatu bangunan biasanya dinilai berdasarkan standar yang ada atau dinilai apa adanya pada tahap pemakaian (*occupancy*), seperti yang dilakukan oleh Preiser pada tahun 1980-an melalui *Post Occupancy Evaluation*. Pada masa kini telah berkembang berbagai pendekatan yang mencoba melihat kinerja bangunan dalam kerangka siklus hidup bangunan. Pendekatan tersebut umumnya bersifat kuantitatif dan menggunakan sistem *rating* yang melibatkan para *stakeholder* sebagai pengambil keputusan tentang kinerja bangunan yang ditargetkan.

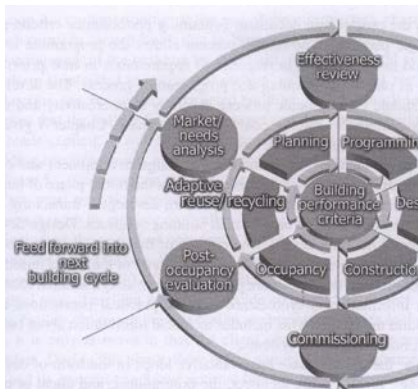
Dalam makalah ini akan di bahas 5 program simulasi kinerja bangunan yang banyak digunakan dan diakui di seluruh dunia, yaitu BREEM (*Building Research*

*Establishment's Environmental Assessment Method*), CASBEE (*Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency*), GB Tool (*Green Building Tool*), Green Globe<sup>TM</sup> U.S., dan LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*).

Berdasarkan hasil penelitian dari Fowler dan Rauch (2006) tentang program simulasi kinerja bangunan yang ada di pasaran, ke-5 program simulasi tersebut merupakan yang paling potensial berdasarkan penilaian atas kriteria relevansi, *measurable*, *applicability*, dan *availability*. Hal yang sama juga diungkapkan oleh Cole (2001), bahwa ke-5 program simulasi kinerja bangunan ini adalah instrumen aplikasi yang paling efektif untuk mengukur kinerja bangunan, namun sayangnya aplikasi beberapa program simulasi masih terbatas pada tipologi bangunan tertentu.

## 2. BUILDING PERFORMANCE ASSESSMENT

*Building performance assessment* merujuk pada penilaian kinerja bangunan berdasarkan tahapan dari daur hidup bangunan tersebut. Preiser (2005) menggunakan istilah *building performance evaluation* yang didefinisikan sebagai sebuah pendekatan terhadap kinerja keseluruhan tahapan dari daur hidup bangunan, di mana *feedback* dan evaluasi dari setiap tahapan di dalam daur hidup menjadi masukan bagi tahap selanjutnya (gambar 1).

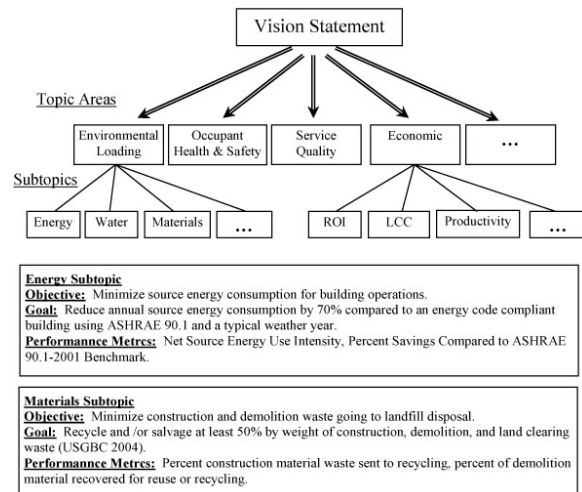


Gambar 1: Kerangka konseptual untuk *building performance evaluation*  
Sumber: Preiser (2005), p.17

Berbagai cara telah dilakukan untuk menilai (*assessing*) kinerja suatu bangunan, mulai dari yang kualitatif sampai yang kuantitatif. Dengan berkembangnya teknologi informasi, telah banyak dikembangkan pendekatan terhadap penilaian yang sifatnya kuantitatif berdasarkan suatu instrumen berupa program simulasi.

Menurut pendapat Deru dan Torcellini (2004), simulasi kinerja bangunan yang berkembang sekarang telah menggunakan konsep yang sama, yaitu proses berbasis kinerja bangunan (*performance-based process*) dengan menggunakan metode *performance metrics*. Dengan proses dan metode ini semua variabel di dalam suatu tahapan dapat dikuantifikasi walaupun pada awalnya bersifat kualitatif.

*Performance-based process* yang dimaksud oleh Deru dan Torcellini dapat dijelaskan melalui gambar 2:



Gambar 2: *Performance-based Process*  
Sumber: Deru dan Torcellini (2004)

Model ini menjelaskan bahwa setiap proyek bangunan harus memiliki *vision statement* yang sering diistilahkan sebagai kriteria kinerja bangunan. Kriteria kinerja bangunan yang semula bersifat kualitatif, dengan metode *performance metrics* kemudian dikuantitatifkan, dengan menguraikan *vision statement* tersebut ke dalam berbagai *topic areas*<sup>1</sup>, secara hierarkis.

## 3. BUILDING PERFORMANCE SIMULATION

*Building performance simulation* menurut Fowler dan Rauch (2006) adalah alat untuk menilai kinerja suatu bangunan berdasarkan kriteria yang ditentukan pada setiap tahapan daur hidup. Dalam makalah ini akan dibahas 5 program *building performance simulation* yang bertujuan untuk menilai kinerja bangunan dengan penerapan sistem *performance rating*, yang oleh Fowler dan Rauch (2006) disebut *sustainable building rating system*, yang didefinisikan sebagai “tools that examine the performance or expected performance of a ‘whole building’ and translate that examination into an overall assessment that allows for comparison against other buildings”.

<sup>1</sup> Hitchcock (2003) mengistilahkan *topic areas* sebagai *performance objectives*, dan Preiser (2005) mengistilahkan *topic areas* sebagai *performance indicators*.

### 3.1 BREEM (*Building Research Establishment's Environmental Assessment Method*)

BREEM dikembangkan pada tahun 1990 oleh BRE (*Building Research Establishment*), suatu lembaga penelitian nasional di Inggris. BREEM juga digunakan di Kanada, Eropa dan beberapa Negara di Asia (Kibert, 2003). BREEM banyak digunakan untuk menilai kinerja berbagai tipologi bangunan, yaitu: perkantoran, rumah tinggal, bangunan industri, bangunan retail, dan sekolah. BREEM bisa digunakan untuk semua tipe bangunan, namun kriterianya perlu disesuaikan dengan masing-masing tipe bangunan tersebut. BREEM menilai kinerja bangunan dengan *rating system*, yang terdiri atas 4 gradasi penilaian, yaitu: *pass*, *good*, *very good* dan *excellent*.

BREEM menilai kinerja bangunan berdasarkan 9 kriteria, yaitu:

- *Management: commissioning, monitoring, materials minimization*
- *Energy use: operational energy and carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) issues*
- *health and well-being: indoor and external issues affecting health and well-being*
- *pollution: air and water pollution issues*
- *transport: transport-related CO<sub>2</sub> and location-related factors*
- *land use: greenfield and brownfield sites*
- *ecology: ecological value, conservation and enhancement of the site*
- *materials: environmental implication of building materials, including life-cycle impacts*
- *water: consumption and water efficiency*

Ke-9 kriteria di atas berlaku untuk tahapan predesain, desain, dan operasional di dalam daur hidup bangunan. Simulasi ini terutama diperuntukkan untuk menilai tahap predesain, desain dan operasional dari suatu bangunan, karena menurut BRE (2006), kinerja suatu bangunan umumnya ditentukan oleh ke-3 tahapan tersebut.

BREEM Offices 2005 - Design & Procurement Assessment tool

Design Stage Assessment Results

BREEM Rating: Example 1

Good

Core & Design & Procurement Credit Allocation Table

| Overall Credit Allocation | Env Weighting | Available | Achieved | Percentage section credits achieved | Overall Weighted Percentage |
|---------------------------|---------------|-----------|----------|-------------------------------------|-----------------------------|
| Management                | 15%           | 10        | 5        | 50.00%                              | 7.50%                       |
| Health & Wellbeing        | 15%           | 15        | 8        | 53.33%                              | 8.00%                       |
| Energy                    |               | 17        | 9        | 52.94%                              |                             |
| Transport                 |               | 14        | 7        | 50.00%                              |                             |
| Energy & Transport        | 25%           | 31        | 16       | 51.61%                              | 12.99%                      |
| Water                     | 5%            | 6         | 4        | 66.67%                              | 3.33%                       |
| Materials                 | 10%           | 12        | 4        | 33.33%                              | 3.33%                       |
| Land Use & Ecology        | 15%           | 11        | 6        | 54.55%                              | 8.18%                       |
| Pollution                 | 15%           | 12        | 6        | 50.00%                              | 7.50%                       |
| Totals                    |               |           |          | 50.75%                              |                             |

Gambar 3: Contoh Aplikasi BREEM  
Sumber: BREEM Tools (2006)

### 3.2 CASBEE (*Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency*)

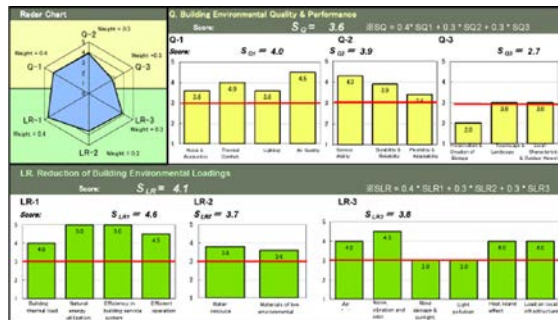
CASBEE (*Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency*) dikembangkan di Jepang pada awal tahun 2001. Simulasi kinerja ini diperuntukkan untuk tahapan predesain, konstruksi, operasional dan renovasi. Hasil penilaian dari simulasi ini berdasarkan *rating system*, dengan mengurutkan *level rating* dari setiap kriteria yang dinilai, mulai dari *level 1* sampai *level 5*, di mana *level 1* merupakan *level* terendah yang didefinisikan sebagai *minimum requirement*, *level 3* didefinisikan sebagai *typical and social*, dan *level 5* sebagai *level* yang paling tinggi.

CASBEE menilai kinerja bangunan berdasarkan 7 kriteria yang dibagi ke dalam 2 kategori, yaitu:

1. Kategori 1: *Building Environmental Quality and Performance*
  - *Indoor environment (noise and acoustics, thermal comfort, lighting and illumination, and air quality).*
  - *Quality of services (functionality and usability, amenities, durability and reliability, flexibility and adaptability).*
  - *Outdoor environment on site (preservation and creation of biotope, townscape and landscape, and outdoor amenities).*
2. Kategori 2: *Building Environmental Loadings*
  - *Energy (thermal load, use of natural energy, efficiency of systems, and efficient operations)*
  - *Resources and materials (water conservation, recycled materials, sustainable harvested timber, materials with low health risks,*



- Reuse and reusability, and avoidance of CFCs and halons
- Off-site environment (air pollution, noise and vibration, odor, sunlight obstruction, light pollution, heat island effect, and local on local infrastructure).



Gambar 4: Contoh Aplikasi CASBEE  
Sumber: CASBEE (2007)

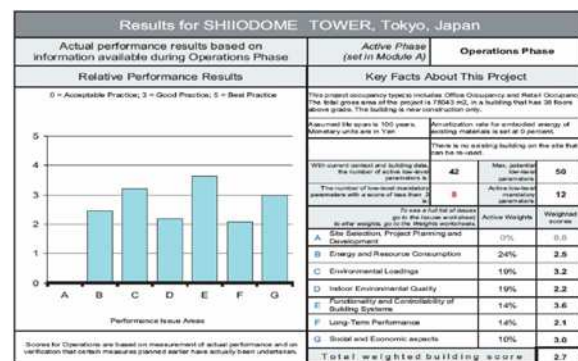
### 3.3 GB Tool (Green Building Challenge Assessment Framework)

GB Tool dikembangkan oleh International Framework Committee untuk the Green Building Challenge, sebuah proyek internasional yang melibatkan 25 negara pada tahun 1998. Simulasi ini dimaksudkan untuk menilai tahapan predesain, desain, konstruksi, dan operasi dalam daur hidup bangunan berdasarkan kriteria yang ditentukan. *Rating* yang dihasilkan dimulai dari 1 sampai 5, di mana 5 adalah *rating* paling tinggi. GB Tool menilai kinerja bangunan berdasarkan 5 kriteria, yaitu:

- *Energy consumption*: total use of non-renewable energy (embodied and operational), electrical peak demand for operations, use of renewable energy, and commissioning.
- *Resource consumption*: materials use (salvaged, recycled, bio-based and sustainable harvested, locally produced, designed for disassembly, re-use, or recycling) and water use for irrigation, building systems, and occupant use.
- *Environmental loadings*: greenhouse gas emissions, other atmospheric emissions, solid wastes, storm-water, wastewater, site impacts, and other local and regional impacts.
- *Indoor environmental quality*: indoor air quality, ventilation, temperature and

relative humidity, daylight and illumination, and noise and acoustics.

- Other criteria include selection of appropriate site (in terms of land use, brownfields, access to transportation and amenities), project planning, urban design (density, mixed uses, compatibility, native plantings, and wildlife corridors), building controls, flexibility and adaptability, maintenance of operating performance, and a few social and economic measures.



Gambar 5: Contoh Aplikasi GB Tool  
Sumber: GB Tool (2007)

### 3.4 Green Globes™ US

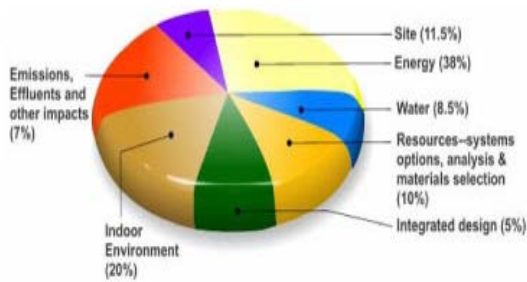
*Green Globes™ US* merupakan simulasi kinerja bangunan yang dikembangkan pada tahun 2004. Simulasi digunakan untuk menilai kinerja bangunan pada tahap desain dan tahap konstruksi. Penilaian berdasarkan *rating system* dimulai dari 1 sampai 4, di mana 4 merupakan nilai paling tinggi. Penggunaan *Green Globe* masih terbatas pada tipologi bangunan komersial dan industri.

*Green Globes* menilai kinerja bangunan berdasarkan 6 kriteria penilaian, yaitu:

- *Project Management* (integrated design, environmental purchasing, commissioning, emergency response plan).
- *Site* (site development area, reduce ecological impacts, enhancement of watershed features, site ecology improvement).
- *Energy* (energy consumption, energy demand minimization, “right sized” energy-efficient systems, renewable sources of energy, energy-efficient transportation).
- *Water* (flow and flush fixtures, water-conserving features, reduce off-site treatment of water).
- *Indoor Environment* (effective ventilation systems, source control of indoor pollutants,

lighting design and integration of lighting systems, thermal comfort, acoustic comfort).

- *Resource, Building Materials and Solid Waste (materials with low environmental impact, minimized consumption and depletion of material resources, re-use of existing structures; building durability, adaptability and disassembly; and reduction, re-use and recycling of waste).*



Gambar 6: Contoh Aplikasi Green Globes  
Sumber: Green Globes Tool (2007)

### 3.5 LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)

LEED dikembangkan di Amerika pada tahun 1998. Simulasi ini bisa digunakan untuk berbagai tipe bangunan sesuai dengan kriteria kinerja yang ditentukan. Simulasi ini digunakan untuk menilai kinerja bangunan pada tahap akhir pre-desain, konstruksi, operasi, dan rehabilitasi.

LEED menilai kinerja bangunan dalam daur hidup bangunan berdasarkan 6 kriteria, yaitu:

- *Sustainable Sites (construction related pollution prevention, site development impacts, transportation alternatives, stormwater management, heat island effect, and light pollution)*
- *Water Efficiency (landscaping water use reduction, indoor water use reduction, and wastewater strategies)*
- *Energy and Atmosphere (commissioning, whole building energy performance optimization, refrigerant management, renewable energy use, and measurement and verification)*
- *Materials and Resources (recycling collection locations, building reuse, construction waste management, and the purchase of regionally manufactured materials, materials with recycled content, rapidly renewable materials, salvaged*

*materials, and sustainable forested wood products)*

- *Indoor Environmental Quality (environmental tobacco smoke control, outdoor air delivery monitoring, increased ventilation, construction indoor air quality, use low emitting materials, source control, and controllability of thermal and lighting systems)*
- *Innovation and Design Process (LEED® accredited professional, and innovative strategies for sustainable design)*

| Category                       | Points Achieved | Possible Points |
|--------------------------------|-----------------|-----------------|
| 1 Sustainable Sites            | 14              | 14              |
| 2 Water Efficiency             | 10              | 10              |
| 3 Energy & Atmosphere          | 10              | 10              |
| 4 Materials & Resources        | 13              | 13              |
| 5 Indoor Environmental Quality | 10              | 10              |
| 6 Innovation & Design Process  | 8               | 8               |

Gambar 7: Contoh Aplikasi LEED  
Sumber: LEED Tool (2007)

### 4. POTENSI APLIKASI PROGRAM SIMULASI KINERJA BANGUNAN

Potensi aplikasi ke-5 program simulasi kinerja ini akan dinilai berdasarkan 4 kriteria, yaitu:

1. *Relevansi (Relevance):* apakah simulasi kinerja bangunan tersebut bisa diterapkan pada setiap tahapan daur hidup bangunan?
2. *Keterukuran (Measurable):* Bagaimana sistem pengukuran kinerja yang digunakan oleh setiap simulasi kinerja bangunan dan apa dasar dari pengukuran tersebut?
3. *Pemakaian (Applicability):* Dapatkah simulasi kinerja bangunan tersebut digunakan untuk semua tipe bangunan?
4. *Communicability:* Apakah simulasi bangunan tersebut sudah diterapkan dan dikomunikasikan?

Selain 4 kriteria di atas, akan dilihat kemungkinan bagi penerapan secara tunggal ataupun secara komplementer antara 2 atau lebih jenis simulasi kinerja bangunan.

#### 4.1 Relevansi

Penilaian terhadap ke 5 program simulasi kinerja bangunan berdasarkan relevansinya, menghasilkan gambaran sebagai berikut:

Tabel 1: Penilaian berdasarkan relevansi

|                 | Building Process                |                   |   |                          |                       |
|-----------------|---------------------------------|-------------------|---|--------------------------|-----------------------|
|                 | Pre-design                      | Design            | Construction  | Operational              | Renovation Demolition |
| BREEAM          | Design & Procurement Assessment |                   | -   | Management and operation | Renovation Assessment |
| CASBEE          | Pre-design Assessment           | -                 | Construction Assessment   | Operational Assessment   | Renovation Assessment |
| GB Tool         |                                 | Design assessment | Construction assessment   | Operational Assessment   | -                     |
| Green Globes US | Pre-design assessment           | Design assessment | Construction assessment   | -                        | -                     |
| LEED            | Pre-design assessment           | -                 | Digunakan di Akhir tahap konstruksi sampai kepada tahap renovasi dan demolisi |                          |                       |

LEED merupakan simulasi yang paling unggul, karena dapat digunakan hampir di setiap tahapan daur hidup. Menurut Hitchcock (2003), melalui metode *performance metrics* pengungkapan indikator kinerja dari setiap kriteria dapat dilakukan dengan lengkap dan rinci.

Namun menurut Donald (2000), BREEM merupakan simulasi kinerja bangunan yang paling banyak digunakan di seluruh dunia, memungkinkan untuk digabungkan dengan sistem simulasi lainnya, sangat berbeda dengan LEED yang secara eksklusif mengandalkan pada metode *performance metrics* dan kriterianya yang sangat berbeda dengan program simulasi lainnya.

Fowler dan Rauch (2006) berpendapat bahwa BREEM, Green Globe US, dan GB Tool merupakan sistem simulasi yang banyak dipakai secara komplementer, karena ketiganya saling mendukung; BREEM dipakai untuk menilai pada tahap pre-design, Green Globe US pada tahap desain dan konstruksi, sementara pada tahap operasional digunakan GB Tool, dan pada tahap renovasi/demolisi digunakan BREEM. Keputusan pada tahap mana suatu simulasi kinerja bangunan harus diterapkan, didasarkan pada hasil terbaik yang dicapai oleh setiap simulasi (tabel 2). CASBEE

merupakan simulasi kinerja yang masih terbatas penggunaannya, karena bahasa yang digunakan masih dalam bahasa Jepang. Sistem ini paling optimal untuk digunakan pada tahap desain, sayangnya belum ada yang menerapkan CASBEE secara komplementer dengan program simulasi lainnya.

Tabel 2: Optimasi pengukuran simulasi kinerja bangunan

|                 | Measurement Optimisation |        |              |             |                       |
|-----------------|--------------------------|--------|--------------|-------------|-----------------------|
|                 | Pre-design               | Design | Construction | Operational | Renovation Demolition |
| BREEAM          | 30%                      | 25%    | -            | 150%        | 40%                   |
| CASBEE          | 20%                      | 30%    | 25%          | 25%         | 30%                   |
| GBTool          | 10%                      | 25%    | 20%          | 35%         | -                     |
| Green Globes US | 20%                      | 10%    | 35%          | -           | -                     |
| LEED            | 30%                      | 10%    | 20%          | 25%         | 30%                   |

Sumber: Disarikan dari setiap *website* simulasi

#### 4.2 Measurability

Berdasarkan data yang didapatkan dari masing-masing *website* simulasi kinerja bangunan, tingkat *measurability* dapat dipetakan sebagai berikut:

Tabel 3: Measurability

|                 | Measurability          |           |                                   |                      |
|-----------------|------------------------|-----------|-----------------------------------|----------------------|
|                 | Measurement comparison |           | Standardization                   | Quantification       |
|                 | Benchmark              | Checklist | Established collection procedures | Numeric Measurements |
| BREEAM          | -                      | √         | -                                 | √                    |
| CASBEE          | √                      | -         | √                                 | √                    |
| GBTool          | √                      | -         | √                                 | √/-                  |
| Green Globes US | √                      | √         | √/-                               | √                    |
| LEED            | √                      | √         | √                                 | √                    |

Indikator GB Tool bisa bersifat kualitatif maupun kuantitatif, sedangkan simulasi lainnya bersifat kuantitatif. Sistem standarisasi data Green Globes US masih belum jelas (belum dikembangkan secara spesifik), karena umumnya digabung dengan standarisasi data dari BREEM.

Hasil ukuran yang didapatkan dari setiap simulasi kinerja bangunan adalah sebagai berikut:

|                 | Clarity      |                             |  |
|-----------------|--------------|-----------------------------|--|
|                 | Well-defined | Results easily communicated | Process & Rating System Information clearly understood |
| BREEAM          | √            | √                           | -  |
| CASBEE          | √            | √                           | √  |
| GBTool          | √            | -                           | -  |
| Green Globes US | √            | √                           | -  |
| LEED            | √            | √                           | √  |

### 4.3 Applicability

Dalam hal penerapan program simulasi kinerja bangunan tersebut pada berbagai tipe proyek (tabel 4), LEED dapat diterapkan terhadap berbagai tipologi proyek, sedangkan Green Globe US belum jelas karena masih dalam tahap pengembangan. Pada umumnya semua program simulasi dapat diterapkan pada berbagai tipologi bangunan, tergantung kepada kriteria yang dibuat, juga dapat diterapkan untuk menilai bangunan yang sudah berdiri ataupun yang akan didirikan.

Tabel 4: *Applicability*

|                | Applicability    |                   |                  |                         |                   |             |                 |
|----------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------------|-------------------|-------------|-----------------|
|                | Type of Projects |                   |                  |                         | Types of Building |             |                 |
|                | New Construction | Major Renovations | Tenant Build-Out | Operation & Maintenance | Office Building   | Courthouses | Border Stations |
| BREEAM         | √                | √                 | -                | √                       | √                 | √           | √               |
| CASBEE         | √                | √                 | -                | √                       | √                 | √           | √               |
| GB Tool        | √                | √                 | -                | 0                       | √                 | √           | √               |
| Green Globe US | √                | 0                 | 0                | 0                       | √                 | √           | √               |
| LEED           | √                | √                 | √                | √                       | √                 | √           | √               |

Keterangan:

√ = sesuai dengan kriteria

- = tidak sesuai dengan kriteria

0 = *under development*

### 4.4 Communicability

Ke-5 program simulasi kinerja bangunan terdefiniskan secara jelas, dan mudah digunakan. Di dalam pelaporan hasil, CASBEE masih terbatas karena dikomunikasikan hanya dalam bahasa Jepang. LEED dan CASBEE jelas di dalam menyampaikan proses dan *rating system*-nya (tabel 5).

Tabel 5: *Communicability*

|                | Communicability |                             |  |
|----------------|-----------------|-----------------------------|--|
|                | Clarity         |                             |  |
|                | Well-defined    | Results easily communicated | Process & rating system information clearly understood |
| BREEAM         | √               | √                           | -  |
| CASBEE         | √               | √                           | √  |
| GB Tool        | √               | -                           | -  |
| Green Globe US | √               | √                           | -  |
| LEED           | √               | √                           | √  |

## 5. KESIMPULAN

Program aplikasi simulasi kinerja bangunan merupakan instrumen yang efektif untuk menilai kinerja suatu bangunan. Ke-5 program simulasi kinerja bangunan yang telah dibahas dapat mengukur kinerja suatu bangunan dengan cara yang berbeda-beda (tergantung kepada kriteria yang

dikembangkan) untuk setiap tahapan dari daur hidup bangunan. Terdapat beberapa aplikasi yang bisa diterapkan secara komplementer untuk mencapai hasil yang optimum pada setiap tahapan siklus hidup bangunan. Yang paling memungkinkan dan sudah diujikan aplikasinya hingga saat ini adalah BREEAM, GB Tool dan Green Globe US. Ke-5 program simulasi kinerja bangunan tersebut masih terus dikembangkan untuk dapat menilai kinerja bangunan secara optimum. Tidaklah mustahil akan muncul pula simulasi kinerja bangunan yang baru dan lebih optimum dalam aplikasinya.

Di Indonesia penggunaan simulasi kinerja bangunan masih jarang, bahkan bisa dikatakan belum dikenal dengan baik, terbatas kepada beberapa penelitian awal saja. Hal ini sebagian dipersulit oleh data tahapan daur hidup bangunan yang tidak terdokumentasikan secara baik. Menurut Hitchcock (2003), hal yang sama juga terjadi di Amerika.

Salah satu strategi untuk mempopulerkan penggunaan aplikasi simulasi kinerja bangunan adalah dengan mengembangkannya menjadi *tools* yang mudah digunakan, untuk mendukung kegiatan pengajaran dan penelitian di perguruan tinggi dan institusi atau lembaga pemerintah maupun swasta yang terkait dengan penjaminan kinerja bangunan. Karena investasi untuk program aplikasi simulasi kinerja ini tidak murah dan harus selalu di-*update* secara periodik. Promosi tentang pemanfaatan program aplikasi simulasi kinerja perlu dilakukan secara intensif kepada lembaga atau instansi terkait.

## DAFTAR PUSTAKA

- BREEAM Offices, 2007, Waste & Resources Action Programme (WRAP), Step 3: Credit Calculations, Step 4: BREEAM Ratings, [http://www.aggregain.org.uk/sustainability/examples\\_of\\_tools\\_and\\_approaches/breeam/index.html](http://www.aggregain.org.uk/sustainability/examples_of_tools_and_approaches/breeam/index.html), diakses 26 Maret 2007
- Building Research Establishment Ltd. (BRE Ltd.), 2006, *Search for BREEAM Offices*, <http://www.brebookshop.com/search.jsp>, diakses April 2007
- CASBEE Web Site (in English), 2006, <http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/>, diakses Maret 2007
- Cole, Raymond J., 2001, "A Building Environmental Assessment Method for British Columbia", Environmental



- Research Group, School of Architecture  
University of British Columbia
- Deru, M. and Torcellini, P., 2004, Improving Sustainability of Buildings through a Performance-Based Design Approach. A.A.M. Sayigh, ed. *Proceedings of the World Renewable Energy Congress VIII* (WREC 2004), 29 August-3 September 2004, Denver, Colorado. NREL Report No. CP-550-36276. [www.nrel.gov/docs/fy04osti/36276.pdf](http://www.nrel.gov/docs/fy04osti/36276.pdf), diakses Maret 2007
- GBTool 1998, 2000, 2002, 2005 and applicable Manuals available at [www.iisbe.org](http://www.iisbe.org) diakses Maret 2007
- Fowler, K. M and Rauch, E.M., 2006, “Sustainable Building Rating Systems Summary”, Pacific Northwest National Laboratory, US Department of Energy
- Gibberd, Jeremy, et al., 2005, Assessing Sustainable Buildings in Developing Countries
- The Sustainable Building Assessment Tool (SBAT) and the Sustainable Building Life Cycle. SB05, Tokyo, Japan
- Gibberd, Jeremy, 2003, “Developing a Sustainable Development Approach for Buildings and Construction Processes”, CIB International Conference on Smart and Sustainable Built Environment
- Green Globes, 2007, *Green Globes USA, Green Globes Canada, GEM UK*. <http://www.greenglobes.com/> diakses pada Maret 2007
- Hitchcock, R.J., 2003 *Standardized Building Performance Metrics – Final Report*, Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, USA.
- Kibert C. J., 2003, High Performance Green Building, unpublished book draft, available from <http://web.dcp.ufl.edu/ckibert/ASCEBook/index.htm>, diakses pada Maret 2007
- Kusuda, T., 2001, “Early history and future prospects of building system simulation”, in *Proc. Building Simulation '99* in Kyoto, pp. 3-15, International Building Performance Simulation Association – IBPSA
- MacDonald M., 2000, “Defining and Rating Commercial Building Performance”, Oak Ridge National Laboratory (ORNL) Energy Division white paper, October, available from <http://eber.ed.ornl.gov/commercialproducts/CWB.htm>, diakses pada Maret 2007
- Preiser, Wolfgang, 2005, *Assessing Building Performance*, Jordan Hill, Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann
- Scheuer, Chris W., and G.A. Keoleian, 2007, *Evaluation of LEED® Using Life Cycle Assessment Methods*, Center for Sustainable Systems, University of Michigan. <http://www.bfrl.nist.gov/oae/publications/gcrs/02836.pdf> diakses pada Maret 2007